SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 6660:2002
Edisi 2016

Penentuan kuat geser batuan dengan metode uji triaksial bertahap (*Multistage*)

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

ICS 73.020

Badan Standardisasi Nasional

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

© BSN 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi i
Prakata ii
Pendahuluan iii
1 Ruang lingkup 1
2 Istilah dan definisi 1
3 Cara uji 2
Bibliografi 8

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Prakata

Standar Nasional Indonesia 6660:2002 Edisi 2016, *Penentuan kuat geser batuan dengan metode uji triaksial bertahap (Multistage)* merupakan hasil kaji ulang dengan rekomendasi tetap, yang penulisannya disesuaikan dengan ketentuan penulisan SNI (Peraturan Kepala BSN No. 4 Tahun 2016).

Standar ini merupakan hasil kaji ulang oleh Komite Teknis 73-02, Teknik Pertambangan Mineral dan Batubara dan telah disampaikan ke Badan Standardisasi Nasional pada tanggal 7 Oktober 2013.

Diharapkan dengan tersusunnya standar ini dapat mengoptimalkan pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya mineral.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Pendahuluan

Metode penentuan kuat geser batuan dalam kondisi tegangan triaksial dipersiapkan dengan pertimbangan sebagai berikut.

a. Batuan di alam berada dalam kondisi tegangan poliaksial (Jaeger, 1966), yaitu kondisi tegangan utama yang berbeda satu dengan yang lainnya. Sulitnya melakukan pengujian terhadap contoh batu di bawah pembebanan poliaksial menyebabkan pembebanan triaksial menjadi metode pengujian yang dilakukan untuk memperkirakan kuat geser batuan.

b. Hasil pengujian triaksial dipergunakan untuk memperkirakan kuat geser batuan.

Pengujian triaksial biasanya memerlukan paling sedikit 3 spesimen batuan. Dalam keadaan jumlah terbatas, pengujian triaksial dapat dilakukan terhadap satu spesimen dengan metode uji triaksial bertahap (*multistage*). Oleh karena itu, metode uji triaksial bertahap perlu distandarkan.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Penentuan kuat geser batuan dengan metode uji triaksial bertahap *(Multistage)*

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan cara penentuan kuat geser batuan dengan metode uji triaksial bertahap (*multistage*) yang meliputi acuan normatif, definisi, dan cara uji yang terdiri dari prinsip, peralatan, preparasi spesimen, prosedur, pernyataan hasil dan pelaporan.

2 Istilah dan definisi

2.1
uji triaksial
pengujian yang dilakukan pada spesimen (contoh batu/tanah) berbentuk silinder terselubungi membran yang dikenai tekanan pengungkungan (*confined pressure*) tertentu dengan cara memberikan penekanan secara aksial sampai spesimen tersebut pecah

[ASTM D653-90]

2.2
tegangan triaksial
keadaan tegangan yang ketiga tegangan utamanya tidak sama dengan nol

[ASTM D653-90]

2.3
kohesi
tahanan geser pada kondisi tegangan normal sama dengan nol

[ASTM D653-90]

2.4
sudut geser dalam
sudut yang menyatakan kemiringan garis singgung yang melewati titik pada lingkaran Mohr yang mewakili kondisi tegangan pada saat batuan utuh tersebut pecah

[ASTM D653-90]

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

3 Cara uji

3.1 Prinsip

Sebuah spesimen berbentuk silinder yang diberi tekanan pengungkungan tertentu ditekan secara aksial hingga mendekati nilai kekuatan puncaknya. Setelah itu, tekanan pengungkungan ditingkatkan sampai nilai tertentu dan penekanan aksial dilanjutkan kembali sampai nilai kekuatan puncak berikutnya tercapai. Proses ini dilanjutkan kembali, sehingga diperoleh minimum 3 tahap penekanan. Kemudian, dari tiap tahap ini dihitung tegangan aksial dan tegangan pengungkungan. Selanjutnya pasangan tegangan pengungkungan dan tegangan aksial ini diplot dalam bentuk grafik lingkaran Mohr. Selubung kekuatan batuan (dalam hal ini kuat geser batuan) dapat digambarkan sebagai garis singgung yang ditarik melalui semua lingkaran Mohr yang diperoleh.

3.2 Peralatan

Pada dasarnya peralatan terdiri dari sel triaksial, peralatan penekan, pengukur beban, pengukur kanan dan pengukur perpindahan aksial (*axial displacement*).

3.2.1 Sel triaksial

a) Silinder triaksial digunakan untuk menciptakan tekanan pengungkungan yang dikenakan pada spesimen. Silinder triaksial harus dilengkapi lubang pembuangan udara dan sambungan hidraulik.
b) Selubung fleksibel untuk mencegah cairan hidraulik masuk ke dalam spesimen.
c) Platen (bantalan) besi baja yang rnempunyai kekerasan Rockwell tidak kurang dari C30 ditempatkan pada kedua ujung spesimen. Diameter platen antara D dan D + *2* mm (D adalah diameter spesimen). Ketebalan platen minimum 15 mm atau D/3. Permukaan platen harus dihaluskan dengan kerataan ± 0,005 mm.
d) Dudukan sperik (*spherical seal*) terpasang pada tiap platen. Pusat kelengkungan permukaan dudukan harus sentris dengan posisi sumbu vertikal (aksial) spesimen.

3.2.2 Peralatan penekan

a) Mesin tekan yang mempunyai kapasitas memadai untuk memberikan beban aksial pada spesimen dan dilengkapi dengan pengatur laju pembebanan.
b) Pompa hidraulik yang mempunyai kapasitas memadai untuk memberikan tekanan pengungkungan pada spesimen di dalam sel triaksial. Pompa ini harus dilengkapi dengan akumulator untuk menjaga agar tekanan pengungkungan konstan.

3.2.3 Pengukur beban

Manometer beban yang telah dikalibrasi dan mempunyai kapasitas dan skala yang sesuai dengan kebutuhan atau transduser tekanan (*pressure transducer*) yang dilengkapi dengan unit pembacaan digital (*digital read-out unit*)

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

3.2.4 Pengukur tekanan

Manometer tekanan yang telah dikalibrasi dan mempunyai kapasitas dan skala yang sesuai dengan kebutuhan atau transduser tekanan (*pressure transducer*) yang dilengkapi dengan unit pembacaan digital (*digital read-out unit*).

3.2.5 Pengukur perpindahan aksial

Arloji ukur (*dial gauge*) dengan kapasitas dan skala yang memadai untuk mengukur perpindahan spesimen secara kontinu atau pengukur regangan (*strain gauge*) yang dilengkapi dengan unit pembacaan digital (*digital read-out unit*).

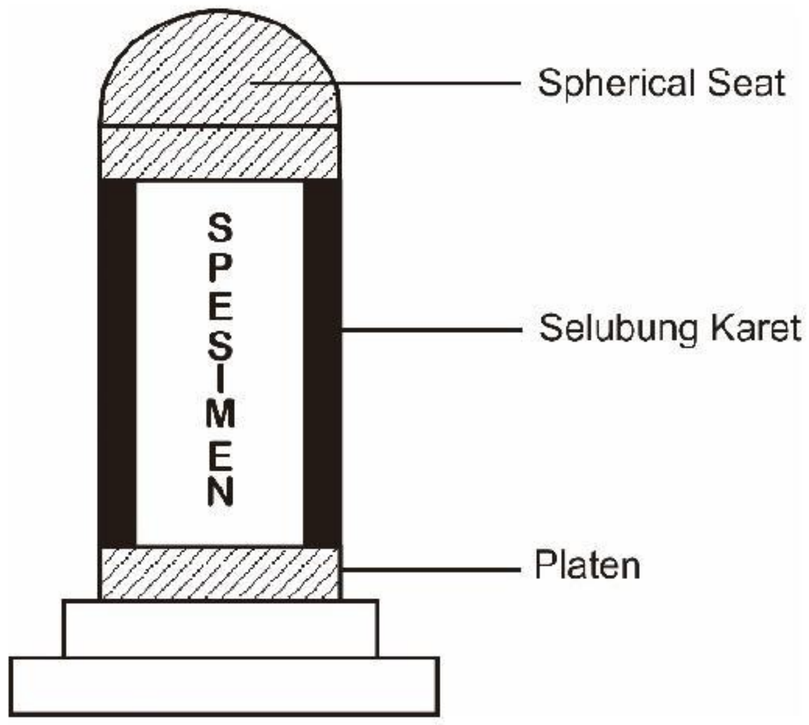
3.3 Preparasi contoh uji

a) Persiapkan spesimen berbentuk silinder dengan perbandingan tinggi (L) terhadap diameter (D) 2,0 - 2,5. Diameter spesimen tidak lebih kecil dari ukuran inti NX (lebih kurang 54 mm). Perbandingan diameter spesimen dan ukuran butir terbesar minimum 10 : 1.
b) Kedua ujung spesimen harus datar dengan ketelitian 0,02 mm dan sumbu longitudinalnya tidak miring lebih dari 0,001 radian atau 0,05 mm dalam 50 mm.
c) Sisi permukaan spesimen harus lurus, halus dan mulus.
d) Penggunaan material penambal (*capping material*) tidak diijinkan.
e) Diameter spesimen diukur dengan merata-ratakan dua pengukuran diameter, pada bagian atas, tengah dan bawah spesimen dengan ketelitian 0.1 mm. Diameter rata - rata digunakan untuk menghitung luas penampang spesimen.
f) Tinggi spesimen diukur 2 kali saling tegak lurus dengan ketelitian 0,1 mm.

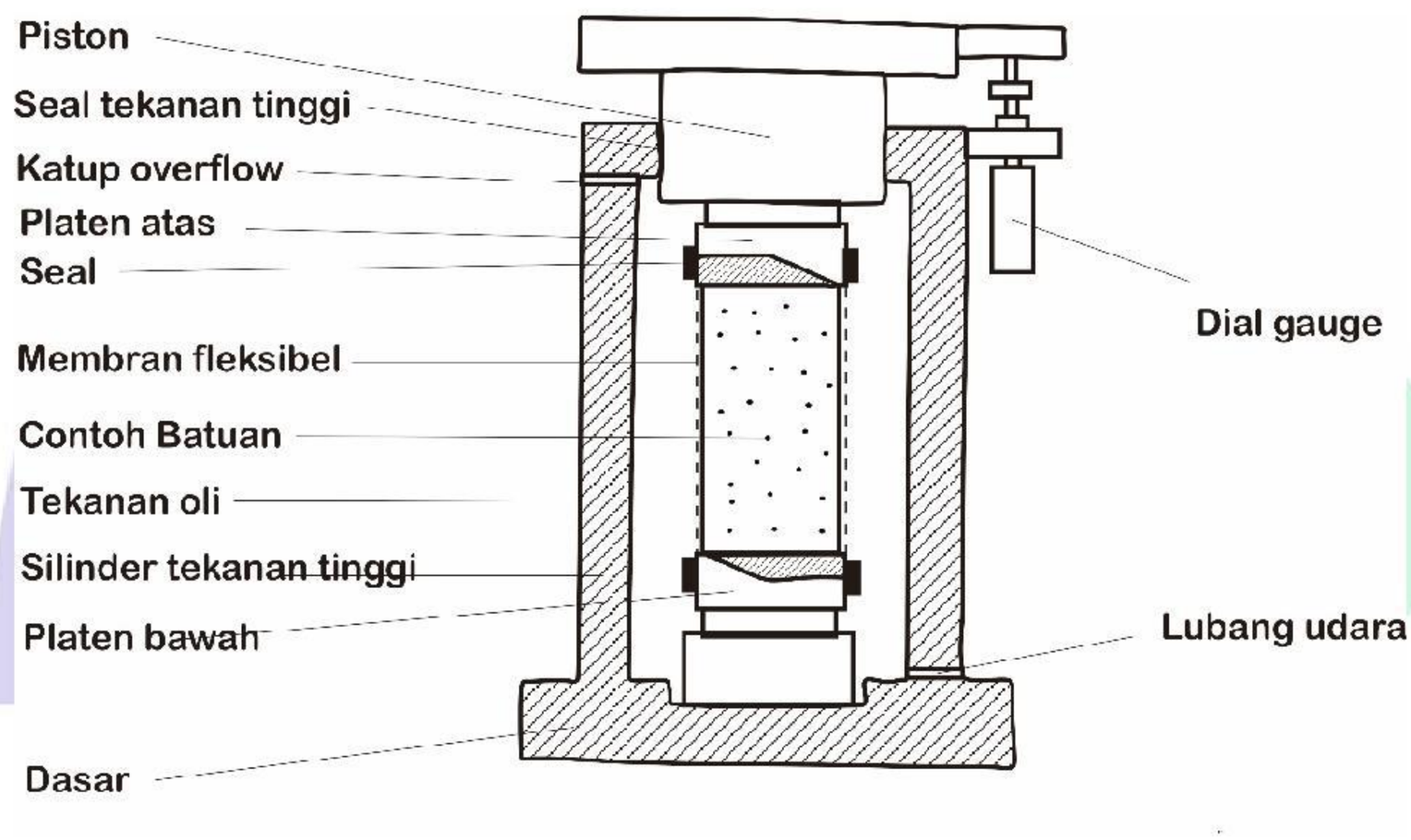
3.4 Prosedur

a) Pasang selubung karet pada spesimen, kemudian pada bagian bawahnya pasang platen bawah dan pada bagian atasnya pasang *spherical seat* (lihat Gambar 1).
b) Tempatkan spesimen pada bagian tengah sel, kemudian tutup rapat dengan memutar pasangan baut dan mur pada bagian bawah sel triaksial.
c) Lumasi *spherical seat* dengan oli.
d) Rangkai sel triaksial dengan spesimen. Atur posisi spesimen, platen dan *spherical seat* agar benar - benar lurus (koaksial).
e) Isi sel triaksial dengan oli hidraulik. Biarkan udara keluar melalui lubang pembuangan udara, dan kemudian tutup lubang pembuangan udara jika oli telah penuh.
f) Tempatkan sel pada mesin tekan.
g) Pasang arloji ukur dan sambungkan selang pompa hidraulik ke sel triaksial.
h) Berikan tekanan pengungkungan secara perlahan - lahan sampai mencapai tekanan yang diinginkan, p_o. Bersamaan dengan itu berikan juga beban aksial secara perlahan - lahan hingga mencapai nilai p_o. Amati dan catat pembacaan pada manometer beban dan manometer tekanan.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"



Gambar 1 - Penempatan spesimen dalam selubung dan pad



Gambar 2 - Skema sel triaksial pada mesin pemberi beban

i) Atur jarum arloji ukur pada posisi nol.

j) Jaga tekanan pengungkungan tetap konstan sebesar p_o. Naikkan beban aksial secara bertahap dengan interval maksimum 2 kN. Catat nilai beban aksial dan perpindahan aksial yang terjadi. Buat kurva hubungan tegangan aksial terhadap regangan aksial. Lanjutkan proses ini hingga mendekati nilai kekuatan puncak (lihat Gambar 3a).

CATATAN 1 Tekanan aksial ditingkatkan secara kontinu pada laju regangan konstan 10^{-5}/detik - 10^{-2} /detik.

k) Tingkatkan tekanan pengungkungan secara manual dari p_o ke pA (titik A ke titik A dalam Gambar 3b). Kemudian tingkatan tekanan aksial dan ikuti prosedur (j) hingga titik B dicapai (lihat Gambar 3a).

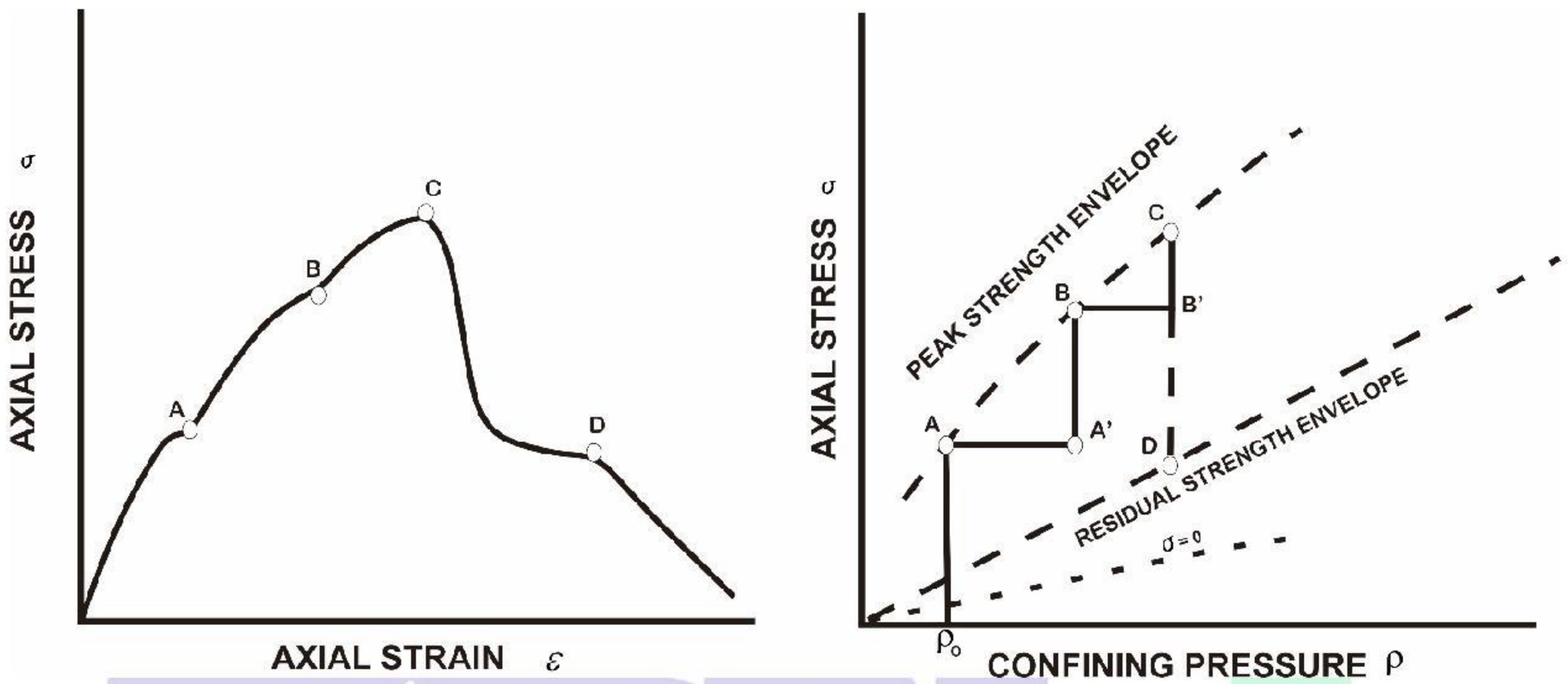
l) Tingkatkan tekanan pengungkungan secara manual dari pA' ke pB' (titik B ke titik B' dalam Gambar 3b). Lakukan kembali prosedur (j) hingga titik C dicapai (Gambar 3). Lanjutkan pembebanan hingga spesimen pecah.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

CATATAN 2 Tegangan aksial akan turun hingga rnencapai nilai residualnya (titik D, Gambar 3a dan 3b).

m) Turunkan tekanan pengungkungan secara perlahan - lahan hingga mencapai nilai nol (Gambar 3a dan 3b).

CATATAN 3 Jika memungkinkan, buat kurva penurunan tegangan aksial terhadap penurunan tekanan pengukungan. Kurva ini menggarnbarkan selubung kekuatan residualnya.



Gambar 3 a. Contoh kurva tegangan aksial – regangan aksial,
b. Contoh kurva tegangan aksial – tegangan pengukungan

3.5 Pernyataan hasil

a) Regangan aksial (ε) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan:
ε adalah regangan aksial
ΔL adalah perpindahan aksial, (cm);
L adalah tinggi specimen contoh batuan (cm).

b) Tegangan aksial (σ_1) dihitung dengan membagi beban aksial maksimum pada setiap tahap tekanan pengungkungan (F) dengan luas spesimen (A) :

$$\sigma 1 = \frac{F}{A} \quad \text{.....(2)}$$

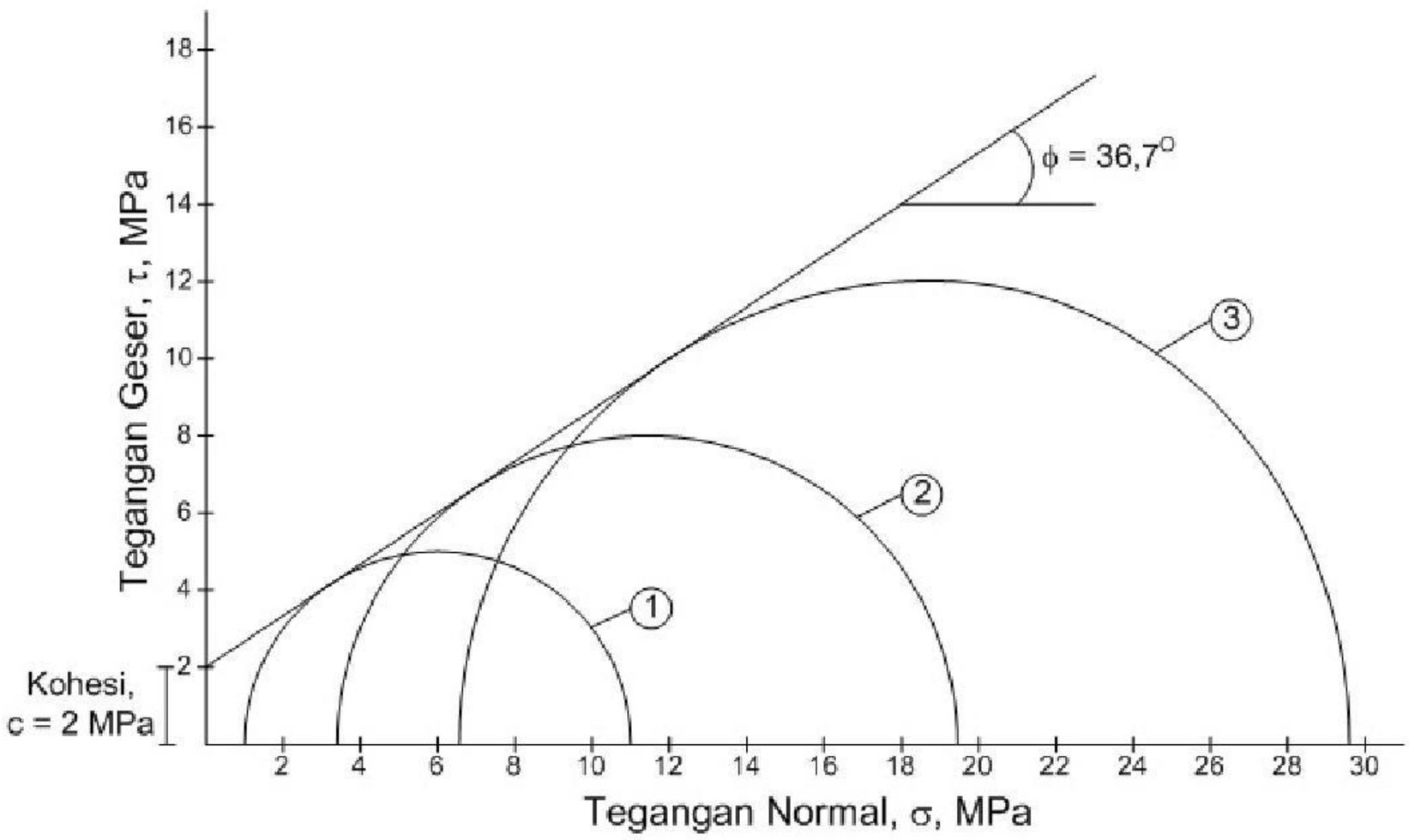
Keterangan:
σ1 adalah tegangan aksial (Mpa);
F adalah Gaya (Newton)
A adalah luas specimen (mm^2)

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

c) Tegangan pengungkungan (σ_3) = tekanan pengukungan.
d) Buat lingkaran Mohr melalui σ_1 dan σ_3 dari tiap tahap (lihat Gambar 4).
e) Selubung kekuatan spesimen (selubung Mohr) dapat dibuat dengan cara menarik garis singgung melalui semua lingkaran Mohr tersebut (Gambar 4).
f) Sudut yang dibentuk oleh selubung tersebut dengan sumbu mendatar merupakan sudut geser dalam batuan (σ_1), sedangkan nilai titik potong selubung tersebut dengan sumbu vertikal merupakan nilai kohesi (C).

3.6 Laporan hasil uji

Laporan hasil pengujian harus meliputi :
a) lembar pencatatan hasil uji (Tabel 1),
b) kurva tegangan aksial - regangan aksial (Gambar 3a),
c) kurva tegangan aksial - tegangan pengungkungan (Gambar 3b), dan
d) grafik lingkaran Mohr dan selubung kekuatan batuan (Gambar 4)



Gambar 4 - Contoh grafik lingkaran Mohr dan selubung kekuatan batuan

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Tabel 1 - Contoh lembar pencatatan hasil uji

PENGUJIAN TRIAKSIAL BERTAHAP						
Jenis contoh				Tanggal		
Lokasi				Diuji oleh		
Lubang bor				Tekanan pengungkungan		
Kedalaman				Diameter		
Nomor contoh				Tinggi		
				Luas penampang		
Waktu (menit)	Perpindahan aksial	Regangan aksial	Beban aksial	Tegangan aksial	(σ1 – σ3)	Catatan

Kandungan air :
Derajat kejenuhan :
Kekuatan puncak :
Regangan puncak :
Berat Jenis :
Densitas alami :
Catatan :

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Bibliografi

ASTM D653-90, *Standard Terminology Relating to Soil, Rock and Contained Fluids*, 1993 Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08

Canada Centre for Mineral and Energy Technology, *Pit Slope Manual*, *Supplement* 3-2, *Laboratory Test for Design Parameters*, *Minerals Research Program*, *Minig research Laboratories*, CANMET Report 77-26, 1980.

E.T. Brown, *Rock Characterization Testing and Monitoring*, *International Society of Rock Mechanics Suggested Methods*, Pergamon Press. 1981, hal 123-127

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral. *Kamus Pertambangan Umum*, (edisi I), ISBN : 979-8641-00-0, Bandung.

Modul Praktikum Mekanika Batuan, Laboratorium Geomekanika, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Ilmu Kebumian dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung, 2000

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komite Teknis perumus SNI

Komite Teknis 73-02, Teknik Pertambangan Mineral dan Batubara

[2] Susunan keanggotaan Komite Teknis perumus SNI

Ketua : Gede Suratha
Wakil Ketua : Budi Santoso
Sekretaris : Horas Pasaribu
Anggota : Supriyanto
Ridho K Watimena
Marshally
Bambang T
Made Astawa Rai
Maryanto

[3] Konseptor rancangan SNI

--

[4] Sekretariat pengelola Komite Teknis perumus SNI

Direktorat Teknik dan Lingkungan, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"